中六化學練習卷：電化學、工業過程與綠色化學

中六（S6）　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：電化學與電池（32 分）

甲部全部題目必答，半反應式須標明氧化與還原。

1. （電池電動勢）以鋅片與銅片分別浸在硫酸鋅及硫酸銅溶液，並以鹽橋連接，組成鋅銅電池。已知 E(Zn2+/Zn) = -0.76 V，E(Cu2+/Cu) = +0.34 V，法拉第常數 = 96500 C mol-1。（a）寫出陽極與陰極的半反應式。（b）計算電池的電動勢。（c）計算每摩爾反應的標準自由能變化（kJ mol-1），並說明符號的意義。

答案：答案：（a）陽極（氧化）：Zn -> Zn2+ + 2e-；陰極（還原）：Cu2+ + 2e- -> Cu。（b）電動勢 = 0.34 - (-0.76) = 1.1 V。（c）自由能變化 = -nFE = -2 × 96500 × 1.1 = -212300 J = -212.3 kJ mol-1；負值表示反應在標準條件下自發，可作電池放電。評分要點：兩條半反應式（2）、電動勢（2）、自由能計算（3）、符號意義（1）。

2. （電解計算）以 2.5 A 的電流電解硫酸銅溶液，通電 1800 秒。（a）計算通過的電荷量。（b）計算陰極析出銅的摩爾數。（c）計算析出銅的質量（M(Cu) = 63.5）。

答案：答案：（a）電荷量 = 2.5 × 1800 = 4500 C。（b）電子摩爾數 = 4500 ÷ 96500 = 0.0466 mol；因 Cu2+ + 2e- -> Cu，銅摩爾數 = 0.0466 ÷ 2 = 0.0233 mol。（c）質量 = 0.0233 × 63.5 = 1.48 g。評分要點：電荷量（3）、電子與銅摩爾數對應（2）、質量（3）。

3. （氧化數）甲醇燃料電池中，甲醇在鹼性條件下被氧化，最終生成二氧化碳。（a）計算甲醇（CH3OH）中碳的氧化數。（b）計算二氧化碳中碳的氧化數。（c）由此計算每摩爾甲醇氧化時釋放的電子數目，並寫出電子守恆的要求。

答案：答案：（a）設碳的氧化數為 x：x + 4(+1) + (-2) = 0，故 x = -2。（b）二氧化碳中氧為 -2，碳為 +4。（c）氧化數由 -2 升到 +4，共升 6，故每摩爾甲醇釋放 6 mol 電子；電子守恆要求氧化半反應釋放的電子等於還原半反應（氧氣）接受的電子。評分要點：甲醇氧化數（2）、二氧化碳氧化數（2）、電子數目與守恆（4）。

4. （電解水）以 1.0 A 的電流電解稀硫酸 965 秒，室溫摩爾體積為 24.0 dm3 mol-1。（a）計算通過的電子摩爾數。（b）計算陰極產生氫氣的摩爾數。（c）計算氫氣的體積（cm3）。（d）寫出陽極的半反應式。

答案：答案：（a）電荷量 = 1.0 × 965 = 965 C，電子摩爾數 = 965 ÷ 96500 = 0.01 mol。（b）陰極 2H2O + 2e- -> H2 + 2OH-，故氫氣 = 0.01 ÷ 2 = 0.005 mol。（c）體積 = 0.005 × 24.0 = 0.12 dm3 = 120 cm3。（d）陽極：2H2O -> O2 + 4H+ + 4e-。評分要點：電子摩爾數（2）、氫氣摩爾數（2）、體積換算（2）、陽極半反應（2）。

乙部：工業過程與化學平衡（36 分）

乙部全部題目必答，計算步驟須逐步顯示並附單位。

5. （哈伯法）1 mol 氮氣與 3 mol 氫氣在 1 dm3 的密閉容器中反應，達平衡時氨氣為 1.2 mol。（a）計算平衡時氮氣與氫氣的摩爾數。（b）計算此溫度下的平衡常數 Kc。（c）計算氮氣的轉化率。（d）說明升高溫度對氨氣產率的影響。

答案：答案：（a）生成 1.2 mol 氨氣表示氮氣消耗 0.6 mol、氫氣消耗 1.8 mol；平衡時氮氣 = 0.4 mol，氫氣 = 1.2 mol。（b）Kc = [NH3]2 ÷ ([N2][H2]3) = 1.22 ÷ (0.4 × 1.23) = 2.08。（c）氮氣轉化率 = 0.6 ÷ 1.0 × 100% = 60%。（d）正反應放熱，升溫使平衡向吸熱方向（左）移動，氨氣產率下降。評分要點：平衡摩爾數（3）、Kc 表達與數值（3）、轉化率（2）、升溫影響（1）。

6. （接觸法）以 200 mol 二氧化硫與 150 mol 氧氣進入反應器，二氧化硫的轉化率為 96%。（a）計算生成三氧化硫的摩爾數。（b）計算反應後剩餘氧氣的摩爾數。（c）計算三氧化硫的質量（kg，M(SO3) = 80）。（d）說明工業上為何使用過量氧氣。

答案：答案：（a）反應的二氧化硫 = 200 × 96% = 192 mol，由 2SO2 + O2 -> 2SO3 得三氧化硫 = 192 mol。（b）氧氣消耗 = 192 ÷ 2 = 96 mol，剩餘 = 150 - 96 = 54 mol。（c）質量 = 192 × 80 = 15360 g = 15.36 kg。（d）過量氧氣使平衡向生成物方向移動，提高二氧化硫轉化率，並確保氧化完全。評分要點：三氧化硫摩爾數（3）、剩餘氧氣（2）、質量（2）、過量氧解釋（2）。

7. （原子經濟）石灰石（碳酸鈣）受熱分解：CaCO3 -> CaO + CO2，M(CaCO3) = 100，M(CaO) = 56。（a）計算以氧化鈣為目標產物的原子經濟（%）。（b）解釋原子經濟與百分比產率的分別。（c）提出一個提高此工藝原子經濟的方向。

答案：答案：（a）原子經濟 = 56 ÷ 100 × 100% = 56%。（b）原子經濟只比較反應物原子有多少進入目標產物，與實際操作損耗無關；百分比產率則比較實際產量與理論產量，反映操作效率。（c）把副產品二氧化碳收集並作工業原料（如製造飲品或化學品），或改用不產生副產品的反應路徑。評分要點：原子經濟計算（3）、兩者分別（3）、改善方向（3）。

8. （活化能）某反應的正反應活化能為 250 kJ mol-1，焓變為 -92 kJ mol-1。（a）計算逆反應的活化能。（b）描述此反應的能量分佈圖要點（反應物、產物與峰頂的相對位置）。（c）說明催化劑如何影響活化能與焓變。（d）說明催化劑能否改變平衡位置。

答案：答案：（a）逆反應活化能 = 250 - (-92) = 342 kJ mol-1。（b）反應物能量比產物高 92 kJ mol-1（放熱）；峰頂比反應物高 250 kJ mol-1。（c）催化劑提供較低活化能的新反應路徑，不改變焓變（反應物與產物能量不變）。（d）不能；催化劑同等加快正、逆反應，平衡位置與平衡常數不變，只縮短達到平衡的時間。評分要點：逆反應活化能（3）、能量圖要點（2）、催化劑對活化能與焓變（2）、平衡位置（2）。

丙部：綠色化學與能源（32 分）

丙部全部題目必答，百分率與能量答案須附單位。

9. （綠色化學）某化工廠以無毒溶劑取代苯，並設計催化步驟使副產品大幅減少。（a）指出上述兩個做法分別符合哪一項綠色化學原則。（b）解釋原子經濟如何體現綠色化學精神。（c）說明為何源頭減廢比事後處理廢物更可取。

答案：答案：（a）以無毒溶劑取代苯，符合「使用較安全的化學品」；以催化步驟減少副產品，符合「預防廢物產生」及提高原子經濟。（b）原子經濟高表示反應物大部分原子留在目標產物中，廢物少、資源利用率高，正符合綠色化學減少廢物的原則。（c）事後處理廢物需額外能源、化學品及設備，亦可能造成二次污染；源頭減廢更省資源、更可持續。評分要點：兩項原則（3）、原子經濟解釋（3）、源頭減廢理由（2）。

10. （碳排放）某電廠完全燃燒 100000 mol 甲烷。（a）寫出完全燃燒的化學方程式。（b）計算產生二氧化碳的摩爾數。（c）計算產生二氧化碳的質量（kg）。

答案：答案：（a）CH4 + 2O2 -> CO2 + 2H2O。（b）摩爾比 1:1，故二氧化碳 = 100000 mol。（c）質量 = 100000 × 44 = 4400000 g = 4400 kg。評分要點：方程式（2）、摩爾比（2）、質量計算與單位（4）。

11. （產率）某反應的理論產量為 250 g，實際只得到 205 g 目標產物。（a）計算百分比產率。（b）提出兩個令產率低於 100% 的原因。（c）說明為何評估工藝綠色程度時，除產率外還要看原子經濟。

答案：答案：（a）百分比產率 = 205 ÷ 250 × 100% = 82.0%。（b）發生副反應消耗反應物；反應未完全或時間不足；轉移、過濾及純化過程有損耗。（c）產率高但原子經濟低，表示大量反應物原子變成廢物，即使目標產物產量理想，整體資源效率與環境負擔仍然差，故須兩者一併考慮。評分要點：產率計算（3）、原因兩項（3）、原子經濟互補解釋（2）。

12. （製氫效率）以電解水製氫，輸入電能 500 kJ，產生 0.1 mol 氫氣，氫氣燃燒熱為 286 kJ mol-1。（a）計算該氫氣完全燃燒可釋放的能量。（b）計算此製氫過程的能量效率。（c）說明在甚麼條件下電解製氫才算低碳，並解釋原因。

答案：答案：（a）可釋放能量 = 0.1 × 286 = 28.6 kJ。（b）能量效率 = 28.6 ÷ 500 × 100% = 5.72%。（c）只有當輸入電力來自可再生能源（太陽能、風能、水力）時才算低碳；若電力來自燃燒化石燃料，製氫過程的碳排放可能比直接使用該燃料更高。評分要點：能量計算（3）、效率（3）、低碳條件與解釋（2）。

TutorZone 中六（S6）化學練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。